

ficativamente más alto que la niñas en hiperactividad, problemas de la conducta y atipicidad. Los niños de estrato socioeconómico bajo puntuaron significativamente más alto en hiperactividad, agresividad, problemas de la conducta, depresión, atipicidad y aislamiento. También puntuaron significativamente más bajo en adaptabilidad, habilidades sociales y liderazgo (ANOVA $p < 0,05$). El análisis de seis agrupamientos en los niños mostró una prevalencia de niños normales de 61,6%. En la muestra total hay un 4% sospechoso de DDA tipo inatento y un 14% sospechoso de DDA tipo I combinado. Conclusión. La escala BASC (niños de 6 a 11 años) demostró consistencia interna y validez en la evaluación multidimensional de los comportamientos de los niños [REV NEUROL 1999; 28: 672-81]. **Palabras clave.** Comportamiento infantil. Cuestionarios. Déficit de atención. Diagnóstico de déficit de atención. Hiperactividad. Inatención.

lino pontuaram significativamente mais alto que as de sexo feminino em hiperactividade, perturbações do comportamento e atipicidade. As crianças de estrato sócio-económico baixo pontuaram significativamente mais alto em hiperactividade, agressividade, perturbações do comportamento, depressão, atipicidade e isolamento. Também pontuaram significativamente menos em adaptabilidade, capacidades sociais e liderança (ANOVA $p < 0,05$). A análise de seis agrupamentos nas crianças mostrou uma prevalência de crianças normais de 61,6%. Na amostra total existiam 4% crianças suspeitas de DDA tipo desatento e 14% crianças suspeitas de DDA tipo I combinado. Conclusão. A escala BASC (crianças de 6 a 11 anos) demonstrou consistência interna e foi eficaz na avaliação pluridimensional dos comportamentos das crianças [REV NEUROL 1999; 2: 672-81]. **Palavras chave.** Comportamento infantil. Défice de atenção. Desatenção. Diagnóstico de défice de atenção. Hiperactividade. Questionários.

Estudio de la corteza motora y sensorial mediante resonancia magnética funcional: tareas de movimiento activo y pasivo

J. Álvarez-Linera, P. Martín^a, F. Maestú^b, P. Pulido^c, J. Iglesias^a,
J.M. Serrano^a, R.G. Sola^b

A STUDY OF THE MOTOR AND SENSORY CORTEX USING FUNCTIONAL MAGNETIC RESONANCE: TASKS OF ACTIVE AND PASSIVE MOVEMENT

Summary. Introduction and objective. The objective of this study was to locate the rolandic area (pre- and post-central) by means of functional magnetic resonance imaging (fMRI) and define its correspondence on a Talairach map, whilst active and passive movements of the dominant hand were performed. Material and methods. Ten healthy volunteers were found, 6 men and 4 women, of an average age of 26 years (range 22-33). Two appropriate tasks were designed: one involving active and one passive movement. The examination was carried out using a 1.5 Tesla (General Electric) MRI apparatus. An echo-sequence of planar echo-gradient (BOLD technique) was used, making sagittal and axial planes, parallel to the AC-PC line (anterior commissure-posterior commissure). Subsequently an anatomofunctional Talairach map was drawn for each subject, to include the information obtained on fMRI. Results. In all subjects central activity was detected in the rolandic area during the tasks involving selected active and passive movements. Overlap was seen between the pre- and post-rolandic areas with both types of tasks. Conclusion. There is good correlation between the image obtained of motor-sensory activity in the rolandic zone and the Talairach anatomofunctional map [REV NEUROL 1999; 28: 681-5].

Key words. Active movement. Functional magnetic resonance imaging. Motor cortex. Passive movement. Sensory cortex.

INTRODUCCIÓN

Los primeros estudios del cerebro mediante resonancia magnética funcional (RMF) se realizaron a principios de la década actual [1-3]. Desde entonces, se ha venido demostrando las enormes posibilidades de esta técnica para estudiar las funciones mentales superiores *in vivo*, tanto con poblaciones de sujetos normales como clínicos. En el ámbito clínico, basta con citar, por ejemplo, la utilización de esta técnica para visualizar las regiones cerebrales implicadas en el lenguaje y la memoria antes y después de la cirugía cerebral, o también para localizar las áreas motoras y sensoriales en determinadas intervenciones quirúrgicas.

Las imágenes obtenidas mediante RMF se trasladan a un mapa de Talairach [4], publicado en 1967 y basado en cortes seriados macroscópicos de más de 100 hemisferios cerebrales de cadáveres humanos, realizados en condiciones estereotáxicas. Estos cortes fueron comparados con 400 telerradiografías. Los cerebros fueron

comparados utilizando como referencia la línea CA-CP (comisura anterior-comisura posterior), que mantiene una relación constante con las estructuras telencefálicas. A partir de esta línea, el cerebro resulta cuadrado en un marco exterior, donde la longitud horizontal es la distancia frontoccipital, y la longitud vertical es la distancia vértex-lóbulo temporal, de forma que la dimensión transversal refleja la distancia entre los puntos más laterales. Con estos puntos de referencia se trazan líneas paralelas y perpendiculares para formar una rejilla que permite establecer una clara proporción entre las estructuras cerebrales y su relación en el espacio, ventrículos, espacios subaracnoideos y vasos cerebrales [5].

Los estudios tradicionales realizados para la localización de la corteza motora y sensorial primarias han utilizado tareas de movimiento alternativo de los dedos y pruebas de estimulación táctil. En nuestro trabajo vamos a utilizar un grupo distinto de tareas más sencillas con sujetos normales para su posible utilidad clínica.

Recibido: 11.12.98. Aceptado tras revisión externa sin modificaciones: 02.01.99.

Unidad de Diagnóstico por Imagen. Hospital Ruber Internacional. ^a Departamento de Psicología Biológica y de la Salud. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid. ^b Servicio de Neurocirugía. Hospital de la Princesa. Madrid. ^c Servicio de Neurocirugía. Hospital General de Albacete. España.

Correspondencia: Dra. Pilar Martín Plasencia. Departamento de Psicología Biológica y de la Salud. Facultad de Psicología. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco. E-28049 Madrid.

© 1999, REVISTA DE NEUROLOGÍA

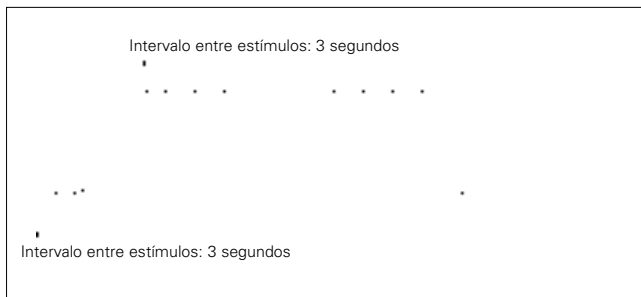


Figura 1. Esquema de la secuencia en cada tarea (intervalos de períodos de activación de 30 segundos y período basal de 30 segundos. Total 3 minutos).

El presente estudio se dirigió precisamente a localizar las regiones motoras primarias (prerolándicas) y las regiones sensoriales primarias (postrolándicas). En particular, el objetivo era averiguar si podría ser suficiente someter al sujeto a una tarea de movimiento activo y a otra de movimiento pasivo de la mano derecha para diferenciar ambas zonas centrales rolándicas (pre y postrolándica), mediante las imágenes de la RMF y el mapa de Talairach de cada sujeto.

MATERIAL Y MÉTODOS

Sujetos

La muestra estuvo compuesta por 10 sujetos voluntarios, todos ellos diestros y estudiantes de Psicología (6 varones y 4 mujeres). La media de edad fue de 26 años, con un rango entre 22 y 33 años.

Tareas experimentales

Se utilizaron dos tareas de activación del área rolándica, una de movimiento activo y otra de movimiento pasivo. En la tarea de movimiento activo, el sujeto debía abrir y cerrar la mano derecha voluntariamente cuando se le requiriera. En la de movimiento pasivo, el experimentador abría y cerraba la mano del sujeto. En primer lugar, se realizó la tarea de movimiento activo y después la de movimiento pasivo.

Aparato de RM

Se utilizó un aparato de 1.5 Tesla (General Electric Medical Systems, Milwaukee, Estados Unidos), equipado con gradientes que pueden desarrollar ± 28 mTs/m, con un tiempo de subida de 230 mTs/m/ms, lo que permite trabajar con técnica Eco Planar.

Para realizar los estudios funcionales se alternaron períodos de activación con períodos basales (reposo), cada uno de 30 s de duración, iniciándose con un período basal de 40 s y descartándose las tres primeras adquisiciones para evitar el efecto T_2 , para las dos tareas. Durante todo el período de estudio se obtuvieron ocho cortes de 7 mm de espesor, con 2,5 mm de separación entre cortes y una duración de 3 s, de tal forma que se obtuvieron grupos de diez multisecciones de ocho cortes en cada período de activación y basal. El esquema de la secuencia se muestra en la figura 1.

Adquisición de imágenes

La secuencia de adquisición de imágenes se realizó con la técnica de eco de gradiente-eco planar (técnica BOLD) con los siguientes parámetros TR: 3.000 ms, TE: 60 ms, ángulo 90° . La matriz de adquisición fue de 128 x 96 en un FOV de 24. Todas las secuencias estuvieron orientadas en el plano sagital desde la línea media y cubriendo todo el hemisferio izquierdo.

El post-procesado de imágenes se llevó a cabo en una estación de trabajo SUN (Advantage Windows, de General Electric Medical Systems, Milwaukee, Estados Unidos), utilizando un programa específico (Explorer) para analizar pixel a pixel las variaciones de intensidad de la señal a lo largo de todo el experimento. Dichas variaciones fueron correlacionadas con el estímulo mediante el estadístico t de Student con un nivel de confianza de $t < 0,0001$. Las áreas consideradas significativas fueron transformadas en una escala de colores, esto es, de regiones de interés, y superpuestas sobre la localización correspondiente mediante un estudio de alta resolución realizado con secuencias potenciadas en T_1 , como puede verse en la figura 2.

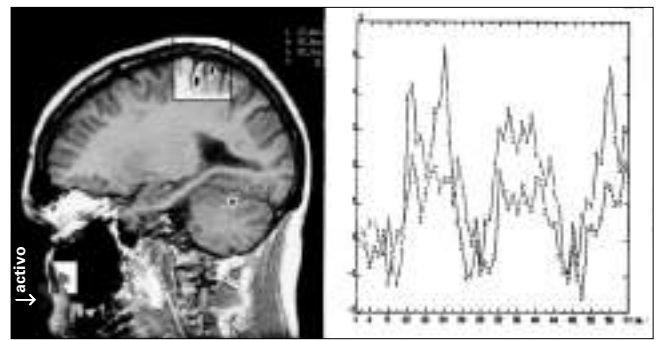


Figura 2. Ejemplo de activación motora. Superposición de las 'áreas activadas' sobre una imagen morfológica (secuencia T_1).

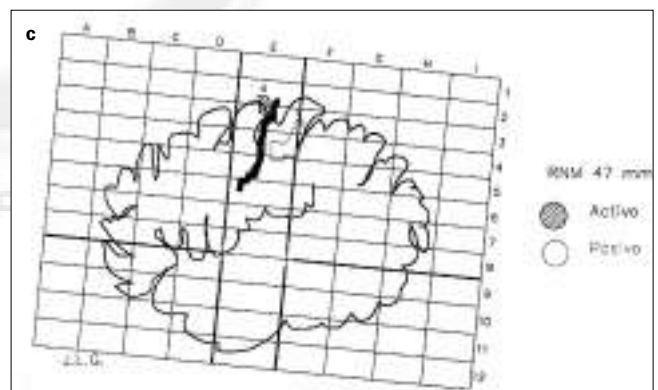
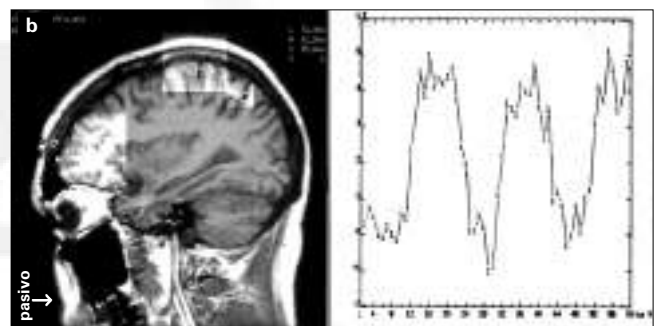
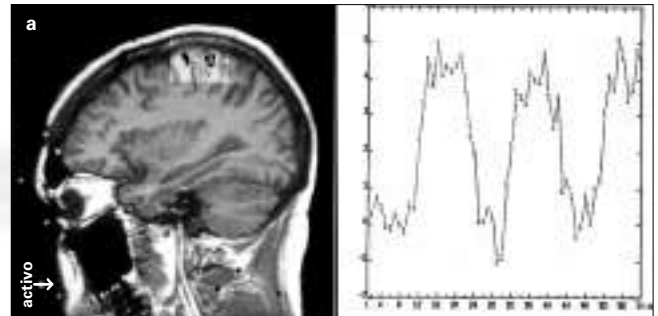


Figura 3. a) Activación de la zona prerrolándica con una tarea de movimiento activo; b) Activación de la zona posrolándica con una tarea de movimiento pasivo; c) Mapa de Talairach de ambas activaciones.

Representación en el mapa estereotáxico de Talairach

Para la representación de las imágenes en el esquema anatomofuncional de Talairach se ha utilizado un ordenador personal y un programa comercial de diseño asistido por ordenador (Autocad versión 11.0; Autodesk R) junto con una tabla digitalizadora acoplada a un negatoscopio. Este programa es de uso común dentro del campo de la ingeniería y arquitectura, y presenta la ventaja de disponer de diferentes capas visibles en un momento determinado, lo que facilita la realización de esquemas o dibujos muy complejos, con una gran

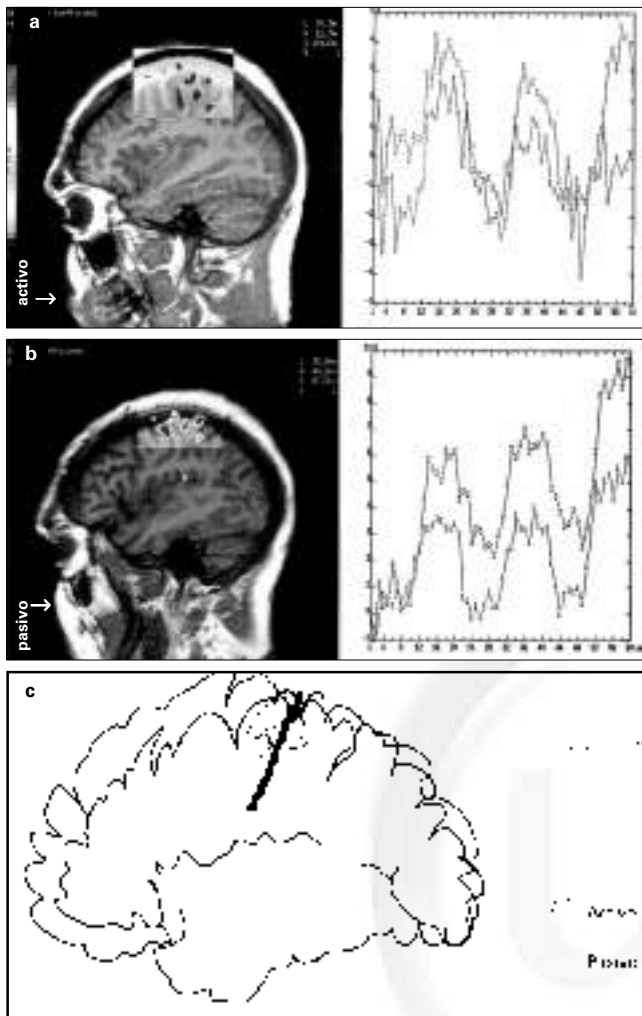


Figura 4. a) Activación de la zona rolándica con una tarea de movimiento activo; b) Activación de la zona rolándica con una tarea de movimiento pasivo; c) Mapa de Talairach donde se observa la superposición de ambas activaciones.

cantidad de información almacenada pero fácilmente fraccionable en dibujos más simples.

Con las imágenes sagitales en T₁ se realiza una superposición de todos los cortes sagitales de la RM, tomando como punto de referencia la línea CA-CP. Al superponer todos los cortes de un hemisferio, se identificó la cisura de Rolando como aquella de mayor longitud que separaba las dos circunvoluciones centrales en un plano perpendicular a la línea CA-CP.

A continuación, se trasladaron las zonas de mayor actividad determinadas durante el movimiento activo y el pasivo a los cortes correspondientes de la RMF. Ambas imágenes se situaron en capas diferentes y se pudieron visualizar a la vez, o de forma independiente, los resultados de ambas tareas experimentales.

RESULTADOS

En los 10 sujetos estudiados las pruebas realizadas implicaron la activación de la región central (corteza rolándica). La localización precisa se situó en la cuadrícula E, de forma similar a los resultados obtenidos por Talairach.

En 4 individuos (40%) se activaron las zonas prerrolándicas durante la tarea de movimiento activo y las regiones postrolándicas durante el movimiento pasivo, como se aprecia en la figura 3. En otros 4 sujetos (40%), la realización de ambas tareas se reflejó

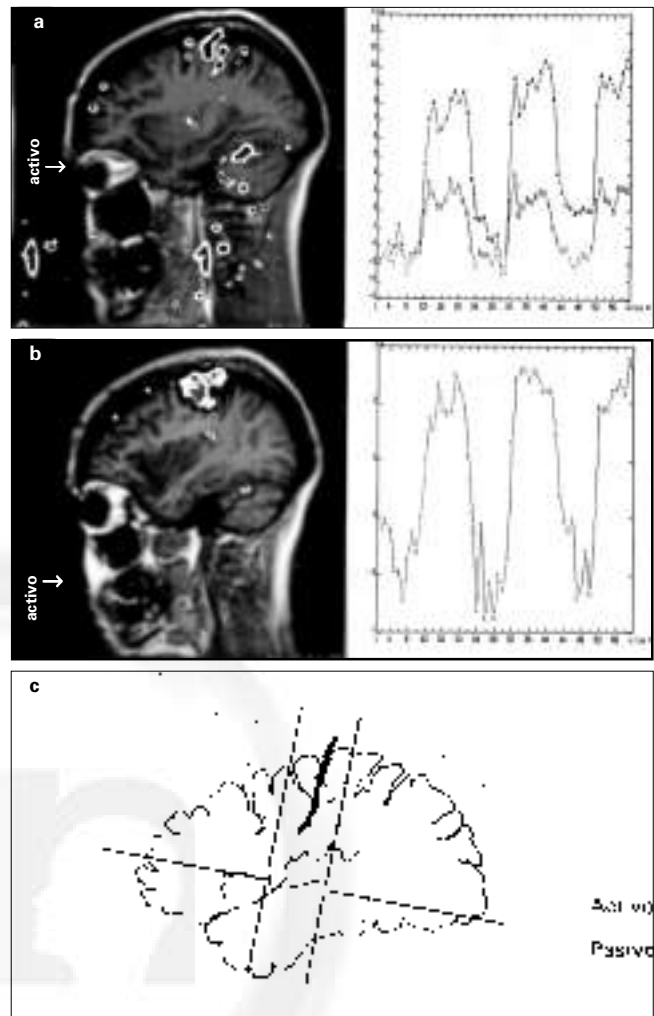


Figura 5. a) Activación de la zona posrolándica con una tarea de movimiento activo; b) Activación de la zona prerrolándica con una tarea de movimiento pasivo; c) Mapa de Talairach donde se observa la activación de ambas tareas.

en la activación de la corteza rolándica, pero como puede observarse en la figura 4, sin que existieran diferencias pre o postrolándicas según el tipo de tarea. Por último, como puede verse en la figura 5, en 2 individuos (20%) también se activó la zona rolándica, pero la localización correspondiente a esta tarea fue contraria a lo que cabría esperar: la tarea de movimiento pasivo activó la zona prerrolándica, mientras que la de movimiento activo lo hizo en la zona postrolándica. En todo caso, es importante resaltar, como se planteó al inicio de este apartado, que en todos los casos se ha conseguido una activación en el área de Rolando, tanto durante el movimiento activo como con el pasivo.

DISCUSIÓN

Numerosos trabajos demuestran la anatomía funcional de la corteza motora y sensorial, siendo el movimiento activo de los dedos a intervalos fijos la tarea tradicionalmente utilizada para localizar áreas motoras, y la estimulación táctil y dolorosa la empleada para localizar áreas somatosensoriales. En este trabajo se utilizó una tarea ligeramente diferente para localizar el área somatosensorial, consistente en un movimiento pasivo de abrir y cerrar la mano del

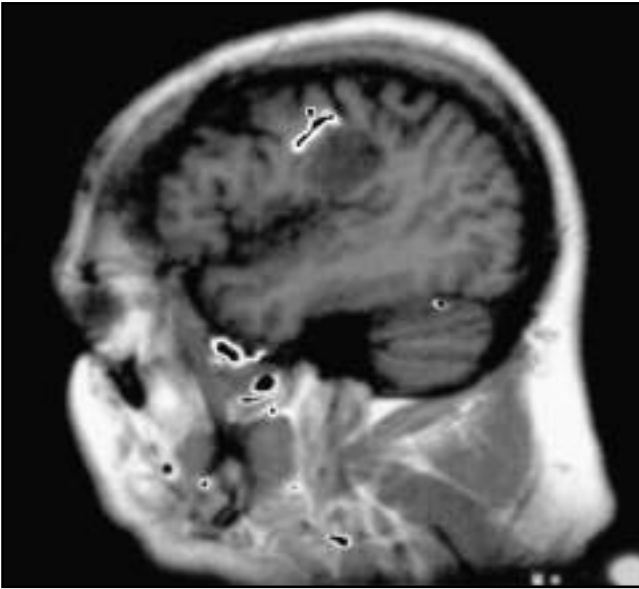


Figura 6. Desplazamiento de la zona motora como consecuencia de un proceso expansivo, mediante una tarea de movimiento activo.

sujeto por parte del experimentador. Se empleó esta tarea con el propósito de conseguir una activación mayor a la obtenida mediante estimulación táctil pura. Los resultados encontrados manifestaron que la RMF permite observar las áreas motoras, demostrando una correspondencia entre las tareas utilizadas (movimiento activo y movimiento pasivo) y las zonas cerebrales activadas.

El propósito de nuestro trabajo fue, por un lado, comparar la localización del área rolándica mediante RMF con la localización estandarizada en un mapa de Talairach y, por otro lado, diferenciar las zonas de activación detectadas mediante RMF durante la realización de dos acciones motoras: el movimiento activo de la mano y el movimiento pasivo.

En cuanto al primero de los objetivos de este trabajo, los resultados mostraron con sujetos normales una buena correspondencia entre el área rolándica identificada mediante RMF y su localización estándar utilizando la técnica de Talairach. Este resultado nos indica que, cuando no existe distorsión de la anatomía, la localización de la corteza motora se consigue de forma fidedigna, mediante la técnica de Talairach. Cuando haya una distorsión de la anatomía, como ocurre en los tumores, o bien un posible

desplazamiento de la zona motora en malformaciones arteriovenosas, donde la localización estándar de Talairach no es fiable, mediante la RMF es posible localizar de forma fidedigna la corteza motora y somatosensorial, como se ha demostrado en este estudio y se puede apreciar en la figura 6.

En cuanto al segundo de los objetivos, el análisis comparativo de las áreas activadas mediante movimiento activo y pasivo, se encontró un notable solapamiento en ambos casos, aunque con un ligero predominio precentral en las áreas de activación observadas durante la tarea de movimiento activo. Esta asimetría fue mayor cuando se consideró, además del área, el porcentaje de cambio de señal o la amplitud de la activación. El solapamiento entre las áreas activadas de la corteza pre y postcentrales ya se había descrito en varios trabajos [6,7] utilizando tareas motoras (movimiento activo) y somatosensoriales puras (estimulación táctil), atribuyéndose a posibles movimientos involuntarios relacionados con el estímulo táctil, derivados a consecuencia de conexiones córtico-corticales o talamocorticales. Por tanto, no es muy sorprendente el solapamiento entre la actividad motora activa y pasiva, ya que en ambas está presente algún tipo de movimiento.

Los resultados parecen corroborar la reciente teoría de Lee, Jack y Riederer [8] acerca de que no existe una clara separación funcional entre áreas pre y poscentrales como clásicamente se ha mantenido. Por otro lado, la posibilidad de detectar tanto áreas motoras como somatosensoriales mediante el movimiento pasivo, tal y como se demuestra en este trabajo, podría permitir definir la distribución del área rolándica en pacientes incapaces de realizar movimientos.

CONCLUSIONES

Una primera conclusión que podemos obtener de este trabajo es la utilidad de la RMF mediante técnica BOLD para evaluar la actividad de la corteza motora y somatosensorial, ya que coincide con la localización del surco central estandarizado mediante la técnica de Talairach. En particular, se ha demostrado que existe una buena correspondencia entre la realización de tareas de la activación 'motora-sensorial', su localización en la zona rolándica y su representación en el mapa anatomofuncional de Talairach.

En segundo lugar, puesto que no hemos encontrado diferencias significativas entre las áreas activadas obtenidas mediante movimiento activo y pasivo, es posible con esta técnica obtener imágenes funcionales de la corteza motora y sensorial en pacientes con parestia o dificultades para realizar activamente la tarea.

BIBLIOGRAFÍA

1. Kwong KK, Belliveau JW, Chesler BA. Dynamic magnetic resonance imaging of human brain activity during primary sensory stimulation. *Proc Natl Acad Sci* 1992; 89: 5675.
2. Rao SM, Binder JR, Bandenetti PA. Functional magnetic resonance imaging of complex human movements. *Neurology* 1993; 43: 2311.
3. Mueller WM, Yetkin FZ, Haughton VM. Functional magnetic resonance imaging of the somatosensory cortex. *Neurosurg Clin N Am* 1997; 8.
4. Talairach J, Szicla AG, Tournoux P, et al. *Atlas d'anatomie stéréotaxique du télencéphale*. Paris: Masson; 1967.
5. Pulido P, García de Sola R. Localización anatomofuncional en la corteza

6. Uematsu S, Lester RP, Gordon B. Localization of sensorimotor cortex: the influence of Sherrington and Cushing on the modern concept. *Neurosurgery* 1992; 30: 904-13.
7. Yetkin FZ, Mueller WM, Hammeke TA. Functional magnetic resonance mapping of the sensorimotor cortex with tactile stimulation. *Neurosurgery* 1995; 36: 921-5.
8. Lee CH C, Jack CR, Riederer SJ. Mapping of the central sulcus with functional MR: active versus passive activation tasks. *Am J Neuroradiol* 1998; 19: 847-52.

ESTUDIO DE LA CORTEZA MOTORA Y SENSORIAL MEDIANTE RESONANCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL: TAREAS DE MOVIMIENTO ACTIVO Y PASIVO

Resumen. Introducción y objetivo. *El objetivo de este trabajo fue localizar el área rolándica (pre y poscentral) mediante imágenes de resonancia magnética funcional (RMF) y definir su correspondencia*

ESTUDO DO CÓRTEX MOTOR E SENSORIAL COM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA FUNCIONAL: TAREFAS DE MOVIMENTO ACTIVO E PASSIVO

Resumo. Introdução e objetivo. *O objetivo deste trabalho foi localizar a área rolândica (pré e pós-central) utilizando imagens de ressonância magnética funcional (RMF) e definir a sua correspondência*

cia con un mapa de Talairach, durante la realización de tareas de movimiento activo y pasivo de la mano dominante. Material y métodos. Se reclutó voluntariamente a 10 sujetos sanos (6 varones y 4 mujeres), con una edad media de 26 años (rango 22-33). Se diseñaron dos tareas apropiadas: una de movimiento activo y otra de movimiento pasivo. La exploración se efectuó con un aparato de RM de 1,5 Tesla (General Electric). Se utilizó una secuencia de eco de gradiente-eco planar (técnica BOLD), realizándose planos sagitales y axiales paralelos a la línea CA-CP (comisura anterior-comisura posterior). Posteriormente, se construyó un mapa anatomofuncional de Talairach para cada sujeto, donde se trasladó la información obtenida en la RMF. Resultados. En todos los sujetos se detectó una activación central en el área rolándica durante las tareas de movimiento activo y pasivo seleccionadas, observándose también un solapamiento entre las áreas pre y posrolándicas con los dos tipos de tareas. Conclusión. Existe una buena correlación entre la imagen obtenida de activación motora-sensorial de la zona rolándica y el mapa anatomofuncional de Talairach [REV NEUROL 1999; 28: 681-5].

Palabras clave. Corteza motora. Corteza sensorial. Movimiento activo. Movimiento pasivo. Resonancia magnética funcional.

com um mapa de Talairach, durante a realização de tarefas de movimento activo e passivo da mão dominante. Material e métodos. Recrutaram-se voluntariamente 10 indivíduos sãos (6 homens e 4 mulheres), com idade média de 26 anos (variável entre 22-33). Desenharam-se duas tarefas apropriadas: uma de movimento activo e outra de movimento passivo. O registo foi efectuado com um aparelho de RM de 1,5 Tesler (General Electric). Utilizou-se uma sequência de eco de gradiente-eco planar (técnica BOLD), realizando-se planos sagitais e axiais paralelos à linha CA-CP (comissura anterior-comissura posterior). Posteriormente, construiu-se um mapa anátomo-funcional de Talairach para cada indivíduo, para onde foi transferida a informação obtida na RMF. Resultados. Em todos os casos foi detectada uma activação central na área rolândica durante as tarefas de movimento activo e passivo seleccionadas, registando-se também uma sobreposição entre as áreas pré e pós-rolândicas com os dois tipos de tarefas. Conclusão. Existe uma boa correlação entre a imagem obtida de activação motor-sensorial da zona rolândica e o mapa anátomo-funcional de Talairach [REV NEUROL 1999; 28: 681-5].

Palavras chave. Córtex motor. Córtex sensorial. Movimento activo. Movimento passivo. Ressonância magnética funcional.

